

オフポンプ手術と胸部硬膜外
麻酔による冠動脈バイパス
手術の低侵襲化への取り組み

聖隷福祉事業団 聖隷浜松病院
心臓血管外科 麻酔科

はじめに

虚血性心疾患に対する手術治療である冠動脈バイパス手術(以下 CABG)は、従来、人工心肺装置を使用して、心停止状態で行う方法が一般的であった。しかし、人工心肺装置の使用は、大動脈の粥状硬化性病変に起因する脳梗塞や、出血、感染等の合併症の原因となりうる。特に糖尿病患者、高齢者、透析患者では、そのリスクが高くなる。また、心筋保護液注入による心停止の誘導は、一時的に心筋のダメージを生じ、術後急性期の心不全の原因となる。従来の方法のこのような欠点を克服するために、近年では、人工心肺を使用しない心拍動下の冠動脈バイパス手術(オフポンプ冠動脈バイパス手術、以下 OPCAB)が行われるようになってきている。現在、日本国内の冠動脈バイパス手術(年間約 18000 例)のうち約 60%が、この低侵襲な手術法で行われている¹⁾。現在まで、内外で多くの報告が従来法に対する OPCAB の優位性を論じており²⁻⁵⁾、術後合併症の低減のためには優れた方法であることは論を待たない。しかし、その一方で、心拍動下で行う手術であるがゆえ、手術の難易度は高く、従来法と同等の結果を得る為には、心臓外科医の技術のみならず、手術中の麻酔科医との連携が非常に重要となる。当院では 2003 年 3 月より積極的に OPCAB を行っている。また、2003 年半ばからは、同手術の更なる低侵襲化を図るため、可能な症例では術前に硬膜外カテーテルを挿入し、術中の麻酔管理と術後の疼痛管

理に用いている。今回、当院における CABG の成績と OPCAB 導入による臨床的効果、更に OPCAB における硬膜外カテーテル使用による臨床的効果について論ずる。

対象

当院において 2000 年 3 月から 2009 年 8 月までに、同一術者により行った単独 CABG (弁膜症手術あるいは胸部大動脈瘤手術を併せて行った症例は含まず、腹部大動脈瘤手術を同時に行った症例を含む) 283 例を対象とした。人工心肺使用、心停止による方法を第一選択としていた 2000 年 3 月から 2003 年 2 月までを前期 (58 例)、OPCAB を第一選択とした 2003 年 3 月から 2009 年 8 月までを後期 (225 例) とした。平均年齢は前期 64.0±7.8 歳、後期 66.6±10.4 歳、男女比は前期 52 : 6、後期 184 : 41 であった。術前の患者背景を表 1 に示す。

後期に OPCAB を行った症例のうち、術前に硬膜外カテーテルを挿入したものを OPCAB-Epi 群、硬膜外カテーテルを挿入しなかったものを OPCAB-NonEpi 群とした。

方法

1. OPCAB の適応

2003年3月以降は冠動脈の病変の状態にかかわらず、原則的に OPCAB を行うことを基本方針とした。左冠動脈主幹部に高度狭窄を有するものや、全身麻酔導入後あるいは手術開始後に心筋虚血の所見がみられた場合は、大動脈内バルーンパンピングを挿入、駆動しながら手術を行った。急性心筋梗塞や不安定狭心症に対する緊急手術で血行動態が不安定なものや、高度左室機能低下症例では計画的に人工心肺を使用した。人工心肺を使用する場合でも特別に必要としない限り心停止は行わず心拍動下に行った。

2. OPCAB の手術方法

胸骨正中切開を基本としたが、左前下行枝のみのバイパスの場合は左前胸部横切開で行った。バイパスグラフトの選択は基本的に両側内胸動脈を使用し、左前下行枝に対しては左または右内胸動脈を単独で使用、左回旋枝領域や右冠動脈領域に対しては、必要に応じて橈骨動脈を用いて左又は右内胸動脈を延長して使用した。右冠動脈のバイパスには一部の症例で右胃大網動脈を使用した。冠動脈のレイアウトが良い場合は必要に応じて Sequential バイパスを行った。これらの動脈グラフトが使用できない場合や、動脈グラフトのみでカバーできない領域に対しては下腿から大伏在静脈を採取して大動脈—冠動脈バイパスを行った。人工心肺を使用しないで冠動脈の視野を得るために、左心嚢左側あるいは深部に絹糸をかけ牽引し、局所的に心臓表面の動きを抑える専用の吸引型

スタビライザーで縫合部を固定、回旋枝領域や右冠動脈領域の視野展開のためには、手術台の頭側を下げ右に旋回し心尖部に吸引型ポジショナーを装着した。冠動脈切開後グラフト吻合中は専用の内シャントチューブを挿入した。

3. 硬膜外カテーテル挿入の適応と方法

2003年7月以降、OPCAB 症例には術前から硬膜外カテーテルを挿入することを基本方針としたが、左冠動脈主幹部病変を有するもの、急性心筋梗塞、不安定狭心症、高度心不全等処置のリスクの高い症例では、無理をせず行わないこととした。硬膜外カテーテルの挿入は硬膜外血腫の発生を予防するために手術の前日に行うこととした。処置前に患者にリスクとベネフィットをよく説明をして同意を得た。カテーテル挿入レベルは Th2,3 あるいは、Th3,4 とした。

4. OPCAB 中の麻酔管理

OPCAB の麻酔管理では、冠動脈の血流維持が大きなポイントのひとつであり、心筋の酸素消費量の増大を避けつつ、全身の灌流を維持することが求められる。また、心拍動下での血管吻合は高度な技術が要求され、より短時間での吻合を可能にするため、心拍数はやや抑制気味に維持する必要がある。全身麻酔薬として、レミフェンタニル、プロポフォールを中心に使用した。術前に硬膜外カテーテルを挿入した症例では、ロピバカイン+フェンタニルを使用して胸部硬膜外麻酔を中心とした麻酔管理を行った。心血管作動薬として、ドーパミン、ノ

ルアドレナリン、ニトログリセリン、塩酸ランジオロール(超短時間作動性 β 遮断薬)等を適宜組み合わせて使用して、術中管理を行った。OPCABでは人工心肺に頼ることができないため、手術操作により血行動態が大きく変化しやすい。心臓の脱転や圧迫による血圧低下や不整脈の出現がみられやすい。特に、術前から心機能が低下している症例や、僧帽弁閉鎖不全を合併している症例では、血行動態が破綻してしまうおそれがある。そのような場面では、麻酔科医と心臓外科医の連携が重要であり、心臓外科医は可能な限り心臓に負担をかけずに短時間で吻合を終了する、麻酔科医は、スワングアンツカテーテルや径食道心エコーによる心臓のモニタリングにより、心筋虚血や僧帽弁の逆流などの異常を監視しつつ、血管作動薬や β 遮断薬等を駆使して血行動態を安定させる、危機的な状況に陥る前に心臓外科医に警告するといった工夫を行っている。

5. OPCAB 術後の管理

硬膜外カテーテルを留置した症例では、術後集中治療室にてロピバカイン+フェンタニルの持続注入を開始し、術後離床するまで継続した。

術後血行動態が安定していて出血の問題がなければ早期抜管をめざし、可能であれば手術終了直後に手術室内で抜管した。ドレーン抜去後は早期離床をはかり、術後2~3週間を目安にバイパスグラフトの確認のための心臓カテーテル検査を行い、問題なければその翌日に退院とした。

結果

前期の 58 例中 OPCAB を行ったのは 9 例(15.5%)、後期の 225 例中 OPCAB は 193 例(85.8%)であった。後期の OPCAB 症例 193 例中、術前に硬膜外カテーテルを挿入したもの 132 例(68.4%)(OPCAB-Epi 群)、硬膜外カテーテルを挿入しなかったもの 61 例(31.6%)(OPCAB-NonEpi 群)であった(表 2)。

前期の手術死亡は 58 例中 2 例(3.4%)で、死亡原因は術後脳梗塞 1 例、術後肺炎 1 例であった。後期の手術死亡は 225 例中 5 例(2.2%)のうち 4 例は体外循環使用症例で、うち 3 例が緊急手術症例であった。死亡原因は、術前からの高度心不全 3 例、術後心房細動に起因する脳梗塞 1 例、縦隔洞炎 1 例であった。

後期症例のうち OPCAB 症例 193 例中の手術死亡は術後脳梗塞による 1 例(0.5%)のみであった。重篤な術後合併症としては、脳梗塞：前期 2 例(3.4%)、後期 1 例(0.4%)、縦隔洞炎：前期 1 例(1.7%)、後期 1 例(0.4%)、呼吸不全：前期 3 例(5.2%)、後期 7 例(3.1%)、肺塞栓は前期 0 例(0%)、後期 1 例(0.4%)であった。

平均バイパス本数は、前期 2.3 ± 0.7 本、後期 2.6 ± 0.9 本であった。動脈グラフトのみを使用した症例は、前期 31 例(53.4%)、後期 130 例(57.8%)であった。退院時心臓カテーテル検査、または造影 CT 検査によるグラフト開存率を表

3に示す。前期、後期とも良好な開存率を示した。

術後平均挿管時間(50時間を超える呼吸不全症例を除く)は、前期 12.2 ± 11.9 時間、後期 6.6 ± 8.7 時間と後期で有意に短く、後期症例のうちOPCAB-Epi群では 3.6 ± 6.3 時間、OPCAB-NonEpi群では 10.1 ± 9.5 時間と、硬膜外カテーテルを使用した群で有意に短かった。術後手術室内で気管内チューブを抜去したものは、OPCAB-Epi群では72例(54.5%)、OPCAB-NonEpi群では5例(8.2%)であった。術後入院期間(入院50日を越える長期入院を除く)は、前期 25.7 ± 9.7 日、後期 19.7 ± 9.1 日と後期で有意に短く、後期症例のうちOPCAB-Epi群では、 19.0 ± 8.9 日、OPCAB-NonEpi群では 27.2 ± 12.4 日と、硬膜外カテーテルを使用した群で有意に短かった(表4、5)。

左内胸動脈グラフト切断時の血流量測定の比較では、OPCAB-Epi群のうち67例の平均で $123.4 \pm 64.8 \text{ml/min}$ 、OPCAB-NonEpi群のうち20例の平均で $83 \text{ml} \pm 49 \text{ml/min}$ と、硬膜外カテーテルを挿入した群においてより多くの血流量が得られていた。

考察

虚血性心疾患の観血的治療には、心臓カテーテル法による経皮的冠動脈形成術(PCI)と、開胸による冠動脈バイパス手術(CABG)がある。我が国では、循

環器内科医の活躍により PCI が施行される割合が欧米と比較して非常に高く、全体の 90%前後は PCI を受けており、残りの約 10%に CABG が選択されている。従来、CABG は人工心肺を使用し、心停止の状態で行われてきたが、人工心肺を使用することによる侵襲性の大きさや脳梗塞発症のリスク、心停止による術後心不全の遷延等の問題がある。それらを克服する方法として、人工心肺を使用しない心拍動下の CABG (OPCAB) が登場した。我が国では、過去 10 年間あまりの間に急速に OPCAB が普及し、現在国内の CABG 症例の約 60%が OPCAB で行われており、長期開存が得られる動脈グラフト使用も一般的となっている。その一方で薬剤溶出ステントの出現や、カテーテル技術の進歩により、左冠動脈主幹部病変や重症 3 枝病変にも積極的に PCI を行う施設が増加している。最近の大規模な研究では、心臓に関するトラブルや脳梗塞の発生が少ないといった面で、CABG の優位性が報告されている⁶⁾。このようなエビデンスをふまえて、個々の症例で治療手段を選択する必要があるが、身体にメスを入れる CABG がいかに低侵襲化したとしても、患者の身体的、精神的負担という面では PCI に到底かなうものではない。ゆえに心臓手術を行うチームとしては、CABG の低侵襲化のために常に努力をする必要がある。

当院では、2003 年 3 月から OPCAB を導入し、可能な症例には積極的に行ってきた。その結果は満足のゆくものであり、それ以前の症例と比較して、手術

死亡率をより低く抑えることができた。バイパスグラフト開存率も、手術手技の難易度が高度になったにもかかわらず、以前と変わらず良好であった。術後合併症も少なく、特に OPCAB では脳梗塞は 1 例のみでそれも術後心房細動に起因する血栓症であり、手術手技に直接起因する脳梗塞の発生はみられなかった。その一方で、合併症発生や死亡例は、急性心筋梗塞や高度心不全等不安定な血行動態が理由で人工心肺を使用した症例に発生しており、急性心筋梗塞後心原性ショック状態での手術や、高度心不全を伴った透析患者に対する手術成績向上が今後の検討課題と考えられた。

OPCAB を第一選択とした 2003 年 3 月以降とそれ以前の人工心肺使用、心停止下を中心とした時期の比較では、前者の方が有意に術後挿管時間が短く、入院期間が短かった。更に、硬膜外カテーテルを使用した群と使用しなかった群の比較では、前者の方が術後挿管時間が短く、入院期間が短かった。特に、硬膜外麻酔併用例の約半数で、手術室にて抜管をすることができた。手術室での抜管は、周術期合併症の軽減、ICU 滞在時間および入院期間の短縮など、特に OPCAB では有利な点が報告されている^{7,8)}。これらの結果は、人工心肺を使用しない低侵襲手術の効果に加え、硬膜外カテーテルを利用した術中、術後管理の改善の結果と考えられる。Liu ら⁹⁾はメタアナリシスにて、人工心肺を使用した CABG(n=1,178)で、硬膜外麻酔を使用した群と使用しない群を比較し、死亡

率に差は生じないものの、硬膜外麻酔を使用した群で、術後挿管時間が短く、疼痛がよく抑えられ、肺合併症、不整脈の発生が少なかったと報告している。全身麻酔に硬膜外麻酔を併用する利点は多く、第一には手術中の疼痛刺激を遮断することによる、有害反射の抑制や、安定した循環動態が挙げられる。ストレスのない手術と交感神経ブロックによる血管拡張作用により、臓器血流の維持も期待される。今回の検討では、興味のあることに、CABGに重要なグラフトである内胸動脈の血流増加作用も認められており、術中及び術後急性期の安定した心筋灌流にも効果があると考えられる。硬膜外麻酔を使用しなかった群では、多量の全身麻酔薬が必要となり、これらは呼吸抑制作用が強く、手術後人工呼吸器からの離脱に時間を要していた。硬膜外麻酔を併用した群では、手術中の麻酔薬の量を減量することができ、術後早期抜管が可能になったと考えられた。

硬膜外カテーテルの留置には、重篤な合併症として、硬膜外血腫の危険性が指摘されており、ヘパリンを頻用する心臓麻酔での硬膜外血腫の発生率は150,000～15,000 : 1とされている¹⁰⁾。当院では、手術の前日にカテーテルを留置することで、出血性の合併症を回避するようにしている。実際、今回の検討症例の中で、硬膜外カテーテル挿入に関連した重篤な合併症を起こした症例はなかった。人工心肺を使用する症例では、ヘパリン化時間が長時間におよぶこ

とと、血液凝固系の異常をきたすことから、硬膜外カテーテル留置の適応外と
している。このことは、人工心肺を使用しないで手術を行うこと自体が、硬膜
外カテーテルの留置を可能とし、より低侵襲な手術を可能にしているとも言え
る。

OPCAB においては、術中の心臓外科医と麻酔科医の連携も非常に重要であり、
当院においては、術中患者の生体情報を両者で共有しコミュニケーションを良
好にすることにより、より安定した安全な手術を行うよう心がけている。

まとめ

当院における OPCAB を第一選択とした方針による手術成績は良好であり、
胸部硬膜外麻酔を併用することにより、挿管時間や入院期間の短縮につながり、
より低侵襲な手術治療を行うことができたことが明らかになった。カテーテル
治療に少しでも近づくように CABG の低侵襲化を図ることは、将来にわたって
心臓外科領域の大きな命題であり、当院でも今後も努力を続けてゆく必要があ
ると考えられた。

参考文献

- 1) Committee for scientific affairs (Ueda Y, Osada H, Osugi H): Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 2005; annual report by the Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 55: 377-399, 2007
- 2) Cleveland Jr JC, Shroyer ALW, Chen AY et al: Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity. *Ann Thorac Surg* 72: 1282-1289, 2001
- 3) Michael M, Donna B, Tea A et al: Improved outcomes in coronary artery bypass grafting with beating-heart techniques. *J Thorac Cardiovasc Surg* 124: 598-607, 2002
- 4) Puskas J, Cheng DD, Knight J et al: Off-pump versus conventional coronary artery bypass grafting: a meta-analysis and consensus statement from the 2004 ISMICS conference. *Innovations* 1: 3-27, 2005
- 5) Yokoyama H, Takase S, Misawa Y et al: A simple technique of introducing intracoronary shunts for off-pump coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg* 78: 352-355, 2004
- 6) Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP et al: Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *NEJM* 360: 961-972, 2009
- 7) Hemmerling TM, Prieto I, Choiniere JL et al: Ultra-fast-track anesthesia in off-pump coronary artery bypass grafting: a prospective audit comparing opioid-based anesthesia vs thoracic epidural-based anesthesia. *Can J Anesth* 51: 163-168, 2004
- 8) Lison S, Schill M, Conzen P: Fast-track cardiac anesthesia: efficacy and safety of remifentanyl versus sufentanyl. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 21: 35-40, 2007
- 9) Liu SS, Block BM, Wu CL: Effects of perioperative central neuraxial analgesia on outcome after coronary artery bypass surgery: a meta-analysis. *Anesthesiology* 101: 153-161, 2004
- 10) Ho AM, Chung DC, Joynt GM: Neuraxial blockade and hematoma in cardiac surgery: estimating the risk of a rare adverse event that has not (yet) occurred. *Chest* 117: 551-555, 2000

表 1 患者背景

	前期	後期	p 値
症例数	58	225	
男/女	52/6	184/41	0.154
年齢 (歳)	64.0±7.8	66.6±10.4	0.075
予定手術	53(91.4%)	201(89.3%)	0.204
緊急手術	5(8.6%)	24(10.7%)	0.204
左冠動脈主幹部病変	17(29.3%)	50(22.2%)	0.258
急性心筋梗塞	4(6.9%)	24(10.7%)	0.391
心不全	6(10.3%)	44(19.6%)	0.101
血液透析	5(8.6%)	16(7.1%)	0.700
脳血管障害	7(12.1%)	35(21.1%)	0.497

表 2 OPCAB 率と硬膜外カテ挿入率

	前期	後期	p 値
OPCAB	9(15.5%)	193(85.8%)	<0.0001
硬膜外カテ挿入	3(5.2%)	132(68.4%)	<0.0001

表 3 吻合部位別グラフト開存率 (開存グラフト数/全グラフト数)

	前期	後期
左前下行枝	59/62(95.2%)	234/240(97.5%)
回旋枝	42/43(97.7%)	195/200(97.5%)
右冠動脈	27/29(93.1%)	140/140(100%)

表 4 前期と後期の比較

	前期	後期	p 値
術後挿管時間 (時間)	12.2±11.9	6.6±8.7	0.0007
術後入院期間 (日)	25.7±9.7	19.7±9.1	<0.0001

表 5 OPCAB-Epi 群と OPCAB-NonEpi 群の比較

	OPCAB-Epi	OPCAB-NonEpi	p 値
術後挿管時間 (時間)	3.6±6.3	10.1±9.5	<0.0001
術後入院期間 (日)	19.0±8.9	27.2±12.4	0.0002

平成 21 年度浜松市医療奨励賞提出論文要旨

オフポンプ手術と胸部硬膜外麻酔による

冠動脈バイパス手術の低侵襲化への取り組み

聖隷福祉事業団 聖隷浜松病院 心臓血管外科 小出昌秋

【はじめに】近年、冠動脈バイパス手術（以下 CABG）は、従来の人工心肺装置を使用し、心停止状態で行う方法ではなく、人工心肺を使用しない心拍動下の冠動脈バイパス手術（以下 OPCAB）で多く行われるようになってきている。当院では 2003 年 3 月より積極的に OPCAB を行っている。また、同手術の更なる低侵襲化を図るため、可能な症例では術前に硬膜外カテーテルを挿入し、術中の麻酔管理と術後の疼痛管理に用いている。今回、当院における OPCAB 導入による効果、OPCAB における硬膜外カテーテル使用による効果について考察した。【対象】当院において 2000 年 3 月から 2009 年 8 月までに、同一術者により行った単独 CABG 283 例を対象とし、人工心肺使用、心停止による方法を第一選択としていた前期（58 例）、OPCAB を第一選択とした後期（225 例）に分けた。後期に OPCAB を行った症例のうち、術前に硬膜外カテーテルを挿入したものを OPCAB-Epi 群、硬膜外カテーテルを挿入しなかったものを OPCAB-NonEpi 群とした。【方法】2003 年 3 月以降は原則的に OPCAB を行う方針とし、左冠動脈主幹部病変を有する不安定狭心症や血行動態が不安定な急性心筋梗塞等には人工心肺を使用した。2003 年 7 月以降は硬膜外カテーテルを術前から積極的に挿入し、術中は胸部硬膜外麻酔として、術後は疼痛管理のために使用した。【結果】前期の 58 例中 OPCAB を行ったのは 9 例（15.5%）、後期の 225 例中 OPCAB は 193 例（85.8%）であった。後期の OPCAB 症例 193 例中、術前に硬膜外カテーテルを挿入したものの 132 例（68.4%）（OPCAB-Epi 群）、硬膜外カテーテルを挿入しなかったもの 61 例（31.6%）（OPCAB-NonEpi 群）であった。手術死亡は前期 58 例中 2 例（3.4%）、後期 225 例中 5 例（2.2%）であった。後期症例のうち OPCAB 症例 193 例中の手術死亡は術後脳梗塞による 1 例（0.5%）のみであった。術後平均挿管時間は、前期 12.2 ± 11.9 時間、後期 6.6 ± 8.7 時間と後期で有意に短く、後期症例のうち OPCAB-Epi 群では 3.6 ± 6.3 時間、OPCAB-NonEpi 群では 10.1 ± 9.5 時間と、硬膜外カテーテルを使用した群で有意に短かった。術後手術室内で気管内チューブを抜去したものは、OPCAB-Epi 群では 72 例（54.5%）、OPCAB-NonEpi 群では 5 例（8.2%）であった。術後入院期間は、前期 25.7 ± 9.7 日、後期 19.7 ± 9.1 日と後期で有意に短く、後期症例のうち OPCAB-Epi 群では、 19.0 ± 8.9 日、OPCAB-NonEpi 群では 27.2 ± 12.4 日と、硬膜外カテーテルを使用した群で有意に短かった。【考察】当院における OPCAB を第一選択とした方針による手術成績は良好であり、胸部硬膜外麻酔を併用することにより、挿管時間や入院期間の短縮につながり、より低侵襲な手術治療を行うことができたことが明らかになった。カテーテル治療に少しでも近づくように CABG の低侵襲化を図ることは、将来にわたって心臓外科領域の大きな命題であり、当院でも今後も努力を続けてゆく必要があると考えられた。